

## Real-time measurement of implanted deuterium density by using the $[2]\text{H}(\text{d},\text{p})$ $[3]\text{H}$ reaction

著者	Kawachi Naoki
内容記述	Thesis (Ph. D. in Science)--University of Tsukuba, (A), no. 2986, 2002.5.31 Includes bibliographical references "[2]" and "[3]" are superscript
発行年	2002
URL	<a href="http://hdl.handle.net/2241/5597">http://hdl.handle.net/2241/5597</a>

氏 名 (本 籍)	かわ ち なお き 河 地 有 木 (京 都 府)
学 位 の 種 類	博 士 (理 学)
学 位 記 番 号	博 甲 第 2986 号
学位授与年月日	平成 14 年 5 月 31 日
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当
審 査 研 究 科	物理学研究科
学 位 論 文 題 目	Real-time Measurement of Implanted Deuterium Density by Using the $^2\text{H}(\text{d}, \text{p})^3\text{H}$ Reaction ( $^2\text{H}(\text{d}, \text{p})^3\text{H}$ 反応を用いた、注入重陽子の実時間での測定)
主 査	筑波大学教授 理学博士 古 野 興 平
副 査	筑波大学教授 理学博士 李 相 茂
副 査	筑波大学助教授 理学博士 田 岸 義 宏
副 査	筑波大学教授 理学博士 工 藤 博
副 査	筑波大学教授 工学博士 水 林 博

### 論 文 の 内 容 の 要 旨

本論文は、物質中に注入された重水素原子の拡散及び深さ方向分布を実時間で観察する新しい測定方法の開発と、その有用性を確立することを目的として行なわれた研究の報告である。

固体標的にエネルギー約 100keV の重水素ビームを時間的に連続照射すると、約 3MeV の運動エネルギーを持つ陽子が固体表面から放出される。この陽子は、ビーム照射によって標的中に注入され、一度静止した後に表面近傍へ拡散してくる重水素と、連続照射している重陽子の核融合反応から放出されたものである。この放出陽子を連続的に計測することによって、固体表面近傍での「重水素密度の時間変化」を実時間で測定することが可能となる。それと同時に、重陽子核融合反応の運動学上の特性を利用すると、放出陽子のエネルギー分布から「固体内重水素の深さ方向密度分布」に関する情報が得られる。このことは従来の方法とは大きく異なり、次のような特筆すべき特徴がある。すなわち、

- (1) 従来の方法では、注入された重陽子を観測するための新たなビーム照射系を必要とするが、本研究の方法では、重陽子ビームが注入物質であると同時に、診断用プローブであり、唯一つのビーム照射系のみで良い。したがって装置が単純化され、測定も極めて簡便に行うことができる。
- (2) 本研究では重陽子負イオンビームを用いている。重陽子負イオンは電子親和力が小さいため、絶縁物を含むあらゆる物質に安定して注入する事ができる。その結果、標的物質の条件（温度、歪等）を変えながら測定することが比較的容易で、しかも実時間でこれらの変化に対する注入重陽子の挙動を観測することができる。

実験は筑波大学加速器センターにおいて、90keV に加速された重陽子負イオンビームを用い、タンタル、パラジウム、銅、チタン、モリブデン等の金属標的について行われた。その結論は以下のとおりである。

- (1) それぞれの標的の物理的特性によって異なる固体内重水素密度の時間変化が観測され、金属中における重水素の固溶度、拡散係数、重水素をトラップする原因になる不純物の含有量に関する情報が得られることが分かった。
- (2) 上の重水素密度の時間変化と同時に測定された金属内重水素の深さ方向密度分布から、注入重水素の金属内での振る舞いとして、時間と共に固溶するか、あるいは逆に、固溶せず金属表面へ移動するかが、各金属毎に測定された。

- (3) 金属結晶を用いた測定から極めて興味のある結果が観測された。すなわち、タンタルとパラジウム金属においては、単結晶と多結晶金属の間に注入重陽子密度の時間変化に非常に大きな違いが観測された。それに対して銅においては、単結晶と多結晶で全く違いが現れない。またこの結果は、単結晶の結晶方位によらないことも確かめられた。これらの測定結果はそれぞれの結晶格子間にトラップされている不純物の含有量の違いが特に顕著に現れているものと考えられるが、その定量的な確認は今後の課題として残されている。
- (4) 固体内重水素密度が平衡に達するとき、その密度を様々な標的溫度において測定し、そのアレニウスプロットから標的中における重水素の活性化エネルギーを導出した。その値は他の測定法から得られた値と一致していることが確認され、本研究において開発された測定法の妥当性が示された。

## 審 査 の 結 果 の 要 旨

重陽子の種々の物質中における拡散過程の研究は、特に核融合炉材料等の材料工学分野において重要な課題である。これらの研究において、通常、注入された重陽子の測定用に新たな診断用ビームによる核反応を利用する。それに対して本研究において開発された測定法では、重陽子ビームが注入物質であり、かつ、診断用プローブビームとしての二つの役割を持っているため、測定が簡便で、しかも実時間で注入重陽子の挙動を観測することができる。著者は、ビーム照射と陽子測定法を確立し、幾つかの金属標的における重陽子の固溶度、拡散係数、重水素をトラップする原因となる不純物の含有量を測定した。現在まで、本研究のような重陽子核融合反応の測定例は無い。本研究は、物質中における水素の挙動研究に重陽子を利用する際の一方法としてその有用性を示したものであり、原子核実験技術の応用研究として、その内容を高く評価することができる。

よって、著者は博士（理学）の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める。